

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СЕТЕЙ ПУНКТОВ ПРОВЕДЕНИЯ ЕГЭ И ОГЭ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А.Горюнова, И.Н.Комаров, А.В.Лепустин  
Томский политехнический университет,  
[mag8@tpu.ru](mailto:mag8@tpu.ru)

### Введение

ЕГЭ и ОГЭ – ежегодно проводимые экзамены для выпускников девятых и одиннадцатых классов. Некоторые ученики не имеют возможности сдавать экзамены в своей школе (так как в школах отсутствуют необходимые условия: видеокамеры, высокая скорость передачи данных по школьному каналу связи и др.), поэтому обеспечивается их доставка в пункт сдачи экзамена. Совокупность школ и пунктов сдачи экзаменов образуют сеть, оптимальность построения которой исследуется в данной работе. В рамках данной работы вносятся предложения по оптимизации существующей сети для уменьшения временных и денежных затрат.

### Аналоги

Подобная задача решалась Центром новых технологий Горно-Алтайского университета в 2003 году. Основными требованиями были:

- пункт проведения ЕГЭ должен находиться в населенном пункте со средней школой, имеющей значительное количество выпускников;
- время в пути от школ, сдающих экзамен в данном пункте до самого пункта не должно превышать 60 минут [1].

Данная задача была решена методом анализа геометрических сетей в среде ArcGIS. Формирование слоёв данных (точечный слой населенных пунктов, в которых есть школы и линейный слой автомобильных дорог) выполнялось вручную.

### Описание исходных данных

Исходными данными является база данных, хранящая информацию об адресах школ и пунктов проведения экзаменов, вместимости каждого из пунктов и информацию об отношениях между школами и пунктами.

### Обзор технологий

Для подготовки данных необходимо использовать картографические сервисы. Для данной работы был проведен обзор некоторых из существующих сервисов. В результате были выбраны сервисы Яндекс.Карты и Google Maps. Оба сервиса предоставляют бесплатный API с функциями геокодирования и построения маршрутов.

### Проектирование и реализация приложений подготовки данных

Для подготовки данных было реализовано web-приложение, предоставляющее функционал распознавания координат, построения маршрутов и визуализации сети, спроектированное с использованием принципа MVC. Для реализации клиентской части использовался язык JavaScript,

фреймворк Angular и библиотека jQuery. Для реализации серверной части использовался фреймворк ASP.Net Core.

Данное приложение реализовано с использованием принципа Inversion of Control, что предоставляет возможность подменить используемую базу данных, причем база данных может обладать любой структурой (диаграмма компонентов приложения приведена на рисунке 1).

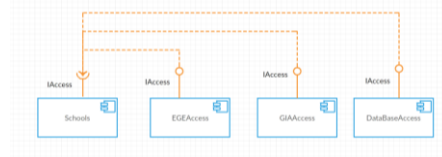


Рис. 1. Диаграмма компонентов приложения

Распознавание координат реализовано в три шага: распознавание координат с использованием сервиса Яндекс.Карты, распознавание с использованием сервиса Google Maps и объединение координат. На 3 шаге пользователь имеет возможность выбрать одну из пар распознанных координат или предложить свою.

Использование двух сервисов позволяет увеличить точность распознавания, так как каждый сервис в отдельности не дает нужного результата. При распознавании координат по адресам сервис Яндекс.Карты вернул координаты 100% адресов, а Google Maps только 77% адресов. Среди распознанных сервисом Яндекс.Карты координат процент распознанных неверно оказался больше, чем для сервиса Google Maps.

Для оптимизации и исследования сети необходима информация о маршрутах для каждой пары школ. Функционал построения и сохранения маршрутов реализован в приложении с использованием функций маршрутизации API Яндекс.Карты. Данный API строит автомобильный маршрут по дорогам, возвращая длину и время пути.

Приложение визуализации сети отображает сеть, описанную в формате JSON в виде меток на карте и связей между ними.

### Описание методов решения

Для районов с небольшим количеством школ (5-10) и выделяемых пунктов сдачи экзаменов применим алгоритм полного перебора. Данный алгоритм показывает плохие результаты в производительности при увеличении количества школ в районе.

Основным алгоритмом, использованным в данной работе, является алгоритм выделения полюсов, описанный в работе Погребным В.К.[2]:

1. Первым полюсом  $q_{i1}$  принимается точка  $q_i \in Q$ , которая максимально удалена от всех других точек множества  $Q$ . Точка  $q_{i1}$  определяется формулой:  $\forall q_i \in Q \left[ \sum_{q_j \in Q \setminus q_i} d_{ij} = \max \right] \Rightarrow (q_i = q_{i1})$ , где  $d_{ij}$  – расстояние между точками  $q_i$  и  $q_j$ . Точка  $q_{i1}$  заносится в множество полюсов  $Q_p$ .

2. Для каждой точки  $q_i \in Q \setminus Q_p$  определяются расстояния  $d_{iip}$  от точки  $q_i$  до полюсов. Среди этих расстояний выбирается минимальное и запоминается. Таким образом, каждой точке  $q_i \in Q \setminus Q_p$  соответствует величина  $d_{iip}^*$ .

3. Среди множества величин  $\{d_{iip}^*\}$  выбирается максимальное значение, а соответствующая точка  $q_i \in Q \setminus Q_p$  принимается в качестве очередного  $p$ -го полюса  $q_{ip}$  и включается в множество  $Q_p$ .

4. Операции 2 и 3 повторяются до тех пор, пока число полюсов в множестве  $Q_p$  не достигнет заданного ограничителя.

После определения множества полюсов выполняется распределение школ по пунктам (каждая школа направляется в ближайший пункт). В результате образуются компоненты (пункт и школы, направленные в него).

Для полученных компонент выделяется центральный пункт, в который направляются для сдачи все школы компоненты. Для выделения центральных пунктов в компонентах используется алгоритм полного перебора.

#### Исследование сети ЕГЭ

Существующая сеть состоит из 242 школ и 90 пунктов сдачи, 53 из которых расположены на базе школ.

В качестве величины оценки оптимальности была выбрана суммарная длина пути, преодолеваемого всеми учениками до пунктов сдачи экзаменов.

Для существующей сети данная величина составила 2283,85 км.

На первом этапе выполнено построение сети без учета вместимости. В каждом районе выделялось не более 30% от количества школ пунктов, все остальные школы распределялись по этим пунктам. Суммарное расстояние для полученной сети составило 1501,4 километров.

На следующем шаге выполнялось построение сети с учетом количества учеников и вместимости каждой школы. Суммарное расстояние при распределении с учетом количества сдающих экзамен и вместимости пунктов составило 1756,4 километров.

На двух предыдущих этапах распределение проводилось в пределах одного района, такое распределение часто является не оптимальным. Учитывая это, был предложен следующий алгоритм: для каждой школы из базы данных выбирался ближайший пункт (из любого района), способный вместить учеников данной школы, если выбранный пункт отличался от пункта, в который школа была направлена ранее, то школа

перенаправлялась во вновь найденный пункт. На данном этапе суммарное расстояние составило 1731,4 километров. В итоге полученная после оптимизации сеть включает 242 школы и 72 пункта сдачи ЕГЭ; суммарное расстояние уменьшено на 552 километра.

#### Исследование сети ОГЭ

Существующая сеть школ и пунктов сдачи ОГЭ включает в себя 274 школы и 249 пунктов на базе школ.

Для сети, описывающей школы и пункты сдачи ОГЭ по одному предмету (математика) суммарное расстояние составило 1745,3.

На первом шаге формировались предложения по оптимизации без учета вместимости. Как и в случае сети ЕГЭ, выполнялась отдельно для каждого района; количество объявляемых пунктов 40% от количества школ в каждом районе. Суммарное расстояние для данной сети составило 1104,7 километров.

Следующие шаги оптимизации аналогичны тем, что были выполнены для сети ЕГЭ. Результирующая диаграмма, отражающая суммарную длину пути для каждого этапа оптимизации, приведена на рисунке 2.

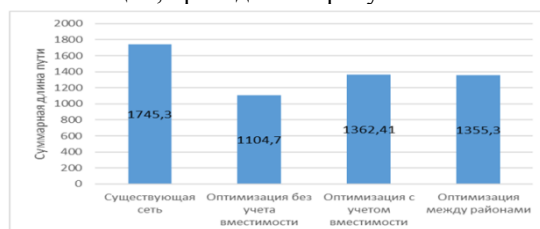


Рис. 2. Диаграмма, отражающая суммарную длину пути для каждого этапа оптимизации

#### Заключение

В данной работе рассмотрена существующая сеть школ и пунктов сдачи ЕГЭ и ОГЭ в Томской области.

Результатом работы являются сформированные предложения по оптимизации существующих сетей.

Также результатом работы является приложение, облегчающее процесс исследования сети школ и пунктов сдачи экзаменов. Данное приложение может быть использовано для различных классов задач, в которых необходимо геокодирование, маршрутизация или визуализация географических объектов и связей между ними.

#### Список использованных источников

1. Esri-CIS. [Электронный ресурс], [2013–] – URL: [https://www.esri-is.ru/news/arcreview/detail.php?ID=19321&SECTION\\_ID=1069](https://www.esri-is.ru/news/arcreview/detail.php?ID=19321&SECTION_ID=1069) (дата обращения: 02.03.2017).

2. Погребной В.К. Автоматизированное проектирование распределенных систем реального времени. Учебное пособие для вузов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011, –312с.